

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

FAKULTA STROJNÍ

KATEDRA ENERGETIKY

TEPELNÉ ČERPADLO

HEAT PUMP

Student:

Jiří Marek

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.

OSTRAVA 2012

ANOTACE

Marek, J. *Tepelné čerpadlo: bakalářská práce*, Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2012, 44 s. Vedoucí práce: Vrtek, M.

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem tepelného čerpadla pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody v rodinném domě. V úvodní části je seznámeno s nízkopotenciálními zdroji energie v České republice. Následující kapitola uvádí rozdělení typů tepelných čerpadel a je vysvětleno jejich fungování. Kapitola 5 a 6 se zabývá určením tepelných ztrát rodinného domu a stanovením potřeby tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. Na potřeby tepla je navrženo vhodné tepelné čerpadlo. V závěru je zhodnoceno ekonomické a environmentální hledisko.

ANNOTATION

Marek, J. *Heat pump: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Power Engineering, 2012, 44 p. Thesis head: Vrtek, M.

This bachelor thesis deals with design of the heat pump for heating and preparation of hot water in family house. In initial part there are introduced low-potential heat energy sources in the Czech Republic. The following chapter presents the distribution of types of heat pumps and their operation explained. Chapter 5 and 6 deals with determination of heat losses and setting the house needs for heating and hot water. On heat requirement is designed appropriate heat pump. The conclusion are assessed the economic and environmental point of view.

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 30.4.2012

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že se na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.

- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).

- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.

- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 30.4.2012

.....

podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Jiří Marek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Těšice 632, Mikulčice, 696 19

Obsah

1 Úvod	1
2 Zdroje a stav využívání nízkopotenciálního tepla v ČR	2
3 Princip, funkce a kompresory k TČ	5
3.1 Dělení tepelných čerpadel	5
3.2 Princip absorpčního a kompresorového TČ	5
3.3 Dělení kompresorů pro tepelná čerpadla	8
3.4 Typy tepelných čerpadel dle zdroje nízkopotencionální energie a teplonosného media.....	9
3.5 Typy tepelných čerpadel dle použitého chladiva	10
4 Topný faktor	11
5 Tepelné ztráty	12
5.1 Stanovení tepelné ztráty domu	12
6 Potřeba tepla pro vytápění a přípravu TUV.....	20
6.1 Potřeba tepla na vytápění rodinného domu	20
6.2. Potřeba tepla pro přípravu TUV pro rodinný dům	21
6.3 Celková roční potřeba tepla pro vytápění a přípravu TUV v RD.....	23
7 Návrh a volba tepelného čerpadla.....	23
7.1 Návrh tepelného čerpadla	23
7.2 Volba tepelného čerpadla	25
7.3 Spotřeba elektrické energie TČ	29
8. Odhad přínosu tepelného čerpadla z ekonomického a environmentálního hlediska	31

8.1 Odhad ekonomického přínosu tepelného čerpadla	31
8.2 Odhad z environmentálního přínosu tepelného čerpadla	34
9 Závěr	36
10 Seznam použité literatury	37
11 Seznam příloh	39
12 Seznam výkresů	40
13 Seznam obrázků.....	41
14. Seznam tabulek.....	42

Seznam zkratek

č.	číslo
ČR	Česká republika
obr.	obrázek
TČ	tepelné čerpadlo
TUV	teplá voda

Seznam značek a symbolů

A	plocha konstrukcí ohraničujících místnost [m^2]
B	charakteristické číslo budovy [-]
E	roční emise [kg]
H_s	objemové spalné teplo [kWh/m^3]
L	délka spár [m]
M	charakteristické číslo místnosti [-]
N	počet pracovních dní soustavy v roce [dny]
N_{D02d}	cena 1 MWh v tarifu D02d [Kč]
$N_{DOM,SP,D02d}$	roční platba za elektřinu za chod domácnosti v D02d [Kč]
$N_{DOM,SP,D56d}$	roční platba za elektřinu za chod domácnosti v D56d [Kč]
$N_{JISTIČ}$	měsíční platba za jistič [Kč]
$N_{NÍZKÝ}$	cena 1 MWh v nízkém tarifu [Kč]
$N_{VYSOKÝ}$	cena 1 MWh ve vysokém tarifu [Kč]
$N_{TČ}$	roční platba za provoz TČ [Kč]

$P_{1,TUV,L}$	příkon TČ pro přípravu TUV v létě [MWh]
$P_{1,TUV, TOP}$	příkon TČ pro přípravu TUV v topném období [MWh]
$Q_{1,C}$	energie spotřebovaná TČ za rok [MWh]
$Q_{1,DOM}$	energie potřebná pro chod domácnosti za rok [MWh]
$Q_{1,VYT}$ příkon	TČ pro vytápění [MWh]
Q_0	základní tepelná ztráta [W]
Q_C	celková tepelná ztráta [W]
Q_K	topný výkon TČ [kW]
Q_{KO}	příkon kompresoru TČ [kW]
Q_N	požadavek na topný výkon TČ [kW]
Q_P	tepelná ztráta prostupem tepla [W]
Q_{r} roční	potřeba tepla pro vytápění a přípravu TUV [MWh]
$Q_{TUV,d}$	denní potřeba tepla pro přípravu TUV [kWh]
$Q_{TUV,r}$	roční potřeba tepla pro přípravu TUV [kWh]
$Q_{TUV,l}$	potřeba tepla pro přípravu TUV v letním období [kWh]
$Q_{TUV, TOP}$	potřeba tepla pro přípravu TUV v topné sezóně [kWh]
Q_V	chladicí výkon TČ [kW]
Q_{VET}	tepelná ztráta větráním [W]
$Q_{VYT,r}$	roční potřeba tepla pro vytápění [MWh]
Q_{ZP}	množství energie dodané kotlem na zemní plyn [kWh]
S	plocha [m ²]
V_{4P}	potřebné množství TUV za den [m ³ /den]

V_m	objem větrané místnosti [m^3]
V_{oH}	objemový tok větracího vzduchu [m^3/s]
V_i	objemový tok větracího vzduchu infiltrací [m^3/s]
V_p	roční spotřeba zemního plynu [m^3/rok]
V_v	objemový tok větracího vzduchu [m^3/s]
c	měrná tepelná kapacita vody [$kJ/kg.K$]
d	počet dní topné sezóny [dny]
d_l	počet dní letní sezóny [dny]
f_l	koefficient vyjadřující vliv nesoučasnosti výpočetních hodnot uvažovaných při výpočtu Q_c [-]
h	entalpie chladiva [kJ/kg]
h_o	výška otvoru [m]
h_p	konstrukční výška patra [m]
i_{LV}	součinitel spárové provzdušnosti [$m^3/m.s.Pa^{-0,67}$]
k	součinitel prostupu tepla [$W.m^{-2}.K^{-1}$]
k_0	průměrný součinitel prostupu tepla [$W.m^{-2}.K^{-1}$]
l	délka stěny [m]
l_o	délka otvoru [m]
\dot{m}	hmotnostní průtok chladiva [kg/s]
n	intenzita výměny vzduchu [h^{-1}]
p_1	přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí [-]
p_2	přirážka na urychlení zátoku [-]
p_3	přirážka na světovou stranu [-]

q_z	tepelný výkon získaný z m^2 zeminy [W/m^2]
t_1	teplota studené vody [$^{\circ}C$]
t_2	teplota ohřáté vody [$^{\circ}C$]
t_e	výpočtová teplota okolí [$^{\circ}C$]
t_{es}	průměrná venkovní teplota [$^{\circ}C$]
t_i	výpočtová vnitřní teplota [$^{\circ}C$]
t_{ies}	průměrná vnitřní teplota [$^{\circ}C$]
t_{svl}	teplota studené vody v létě [$^{\circ}C$]
t_{svz}	teplota studené vody v zimě [$^{\circ}C$]
x	obsah síry v původním vzorku paliva [mg/m^3]
z	koefficient energetických ztrát systému pro přípravu TUV [-]
ε	topný faktor [-]
ε_l	průměrný topný faktor v letním období [-]
ε_z	průměrný topný faktor v topné sezóně [-]

1 Úvod

Potřeba tepla spolu s jídlem a pitím patří k těm nejzákladnějším. Již od pravěku si člověk vytváří své prostředí tak, aby mu poskytovalo komfort. Doby, kdy bylo teplo získáváno pouze pomocí základního zdroje tepla - ohně jsou dávno pryč. V dnešní době je teplo a teplá voda nedílnou součástí každodenního lidského života. Tento komfort bereme jako samozřejmost a příliš se nad ním nepozastavujeme.

Nízkoenergetická a pasivní výstavba se dnes skloňují snad ve všech pádech. Díky technickému vývoji se i v problematice vytápění objektů vstupují do popředí stále nové alternativy získávání energie. Technická vybavenost stavby musí umožňovat variabilní vytápění objektu. Samozřejmostí je dnes užívání vysoce účinných, plně regulovatelných, bezobslužných technologií vytápění, nadimenzovaných na normově požadovaný výkon.

Potřebnou energii pro získání tepla a přípravu teplé vody můžeme získávat různými způsoby. Některé způsoby mohou být náročnější z pohledu ekonomiky, technologie, některé mohou být vhodnější s ohledem na životní prostředí. Energie, kterou využíváme, může pocházet z obnovitelného či neobnovitelného zdroje.

Předmětem této bakalářské práce je návrh tepelného čerpadla země - voda pro vytápění a přípravu teplé vody. Za referenční objekt, pro který je čerpadlo navrženo, je zvolen rodinný dům ve vybrané lokalitě, který je obsazen čtyřmi osobami. V bakalářské práci je určena tepelná ztráta objektu, potřeba tepla pro vytápění a ohřev TUV. Následně je proveden návrh tepelného čerpadla, určení jeho technických parametrů a zapojení do otopného systému. Pro posílení výkonu po přechodné klimatické období je určen doplňkový zdroj tzv. bivalentní zdroj.

V závěru práce je uvedeno environmentální a ekonomické zhodnocení návrhu tepelného čerpadla v porovnání s alternativním zdrojem vytápění a přípravy TUV.

2 Zdroje a stav využívání nízkopotenciálního tepla v ČR

Dle zákona č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů) lze obnovitelnými zdroji rozumět nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu. [14]

Odběr tepla z nízkopotenciálních zdrojů závisí na místních podmínkách. Jestliže můžeme odebírat teplo z více zdrojů, musíme porovnat investiční náklady, efektivitu, environmentální hledisko a životnost daného zařízení. Základní druhy nízkopotenciální energie:

- Geotermální energie
- Energie z půdy
- Sluneční energie
- Energie větru
- Vodní energie
- Odpadní teplo

Geotermální energie

Tento druh energie je nejstarším druhem energie. Tato energie je projevem tepelné energie zemského jádra, která vzniká pomocí rozpadu radioaktivních látek za působení slapových sil. Projevuje se sopečnými erupcemi a gejzíry, tyto gejzíry se můžou projevovat na povrchu jako prameny horké vody anebo jako parními výrony. Geotermální energie se využívá pro vytápění nebo také pro výrobu elektrické energie v geotermálních elektrárnách. Tento druh energie se řadí mezi obnovitelné zdroje energie, však některé zdroje geotermální energie mohou být vyčerpatelné v období několika desítek let.

Tato energie je zachovaná v zemském povrchu od doby vzniku po celou dobu geologické historie. V současné době je na celé naší planetě nainstalováno v geotermálních elektrárnách více než 10 000 MW. V Evropě je nejvhodnější zemí pro využívání geotermální energie Island.

V ČR můžeme využívat geotermální energii pomocí tepelných čerpadel viz kapitola 3.

Výhodou geotermální energie je mírnější dopad na životní prostředí a snížená závislost na dodávkách paliva. Nevýhody geotermální energie spočívají v nejistotě geologických podmínek v dané lokalitě.[1], [10]

Sluneční energie

Sluneční energie je zdrojem pro téměř všechny použitelné zdroje energie na Zemi. Tato energie vzniká pomocí nukleární reakce ve středu Slunce, kde teplota dosahuje až 15 miliónů °C. Tato vzniklá energie se šíří celým vesmírem ve formě světla a tepla. Na naši planetu v optimálních podmínkách dopadá 1kW/m^2 . Skutečná hodnota dopadu energie však záleží na lokalitě, ročním období, době dne, počasí, atd.

Pro využívání sluneční energie slouží solární kolektory a fotovoltaické panely. V ČR je sluneční energie využívána k získání elektrické energie a nebo k ohřevu vody pro vytápění a přípravu TUV. [2], [10]

Energie větru

Energii větru už využívali naši předkové, když stavěli větrné mlýny nebo pomocí větrných turbín čerpali vodu ze studní.

Způsob využití energie větru je v současnosti nejčastěji pomocí větrné elektrárny. Síla větru nám roztáčí lopatkovou vrtuli, díky ní vzniká větrná turbína, která mění energii větru na mechanickou energii. Pomocí generátoru měníme mechanickou energii na energii elektrickou. V České republice jsou větrné elektrárny instalovány v Jizerských horách, Jeseníkách a na Vysočině.

Vodní energie

Vodní energii získáváme z podzemní vody nebo povrchové vody.

Teplo získáváme z energie podzemní vody, která má stálou teplotu po celý rok. Tato teplota se pohybuje v rozmezí 9 až 12°C. Tento druh energie se využívá převážně u TČ. Vodu čerpáme ze studně pomocí ponorného čerpadla a vedeme ji přímo do tepelného čerpadla, kde se odebírá část její tepelné energie. Ochlazenou vodu odvádíme zpět do tzv. vsakovací studny. Jelikož voda ze studny prochází přímo přes tepelné

čerpadlo je nutno provést její chemický rozbor (voda nesmí být příliš mineralizovaná, neboť hrozí riziko usazování vodního kamene v okruhu). Dále se musí zajistit její dostatečný průtok.

Povrchová voda

Povrchové vody dělíme na stojaté a proudící vody. Stojatou vodou rozumíme plochy vodních nádrží a přehrad. Proudící vodou mohou být řeky, potoky. Možnosti získávání energie z uvedených zdrojů jsou různé typy vodních elektráren popřípadě tepelná čerpadla. Přehled nejvýznamnějších vodních elektráren v ČR je uveden v tabulce č.1

Akumulační a průtočné vodní elektrárny	Instalovaný výkon
Lipno I	2 x 60 MW
orlík	4 x 91 MW
Kamýk	4 x 10 MW
Slapy	3 x 48 MW
Štěchovice	2 x 11,25 MW
Vrané	2 x 6,94 MW
Malé vodní elektrárny	Instalovaný výkon
Lipno II	1 x 1,5 MW
Hněvkovice	2 x 4,8 MW
Kořensko I	2 x 1,9 MW
Kořensko II	1 x 0,94 MW
Želina	2 x 0,325 MW
mohelno	1 x 1,2 MW, 1x 0,56 MW
dlouhé stráně II	1 x 0,16 MW
Přečerpávací vodní elektrárny	Instalovaný výkon
Štěchovice II	45 MW
Dalešice	450 MW
Dlouhé Stráně	650 MW

Tabulka č. 1 Přehled nejvýznamnějších vodních elektráren v ČR [3]

Odpadní teplo

Získávání energie z odpadního tepla je charakteristické zejména pro výrobní podniky, průmyslové provozy a sportovní objekty. Tepelné čerpadlo je v těchto

případech velmi efektivní, neboť zdrojem nízkopotenciální energie je vzduch s relativně vysokou teplotou. Odpadního tepla pro ohřev teplé užitkové vody lze využít zejména v chladírenských provozech. Dalším možným zdrojem teplého vzduchu je pak vzduch odváděný větracím systémem objektu s užitím následné rekuperace. [10]

Stav využívání nízkopotenciálního tepla

V roce 2006 pocházelo asi 18 % celosvětově vyprodukované energie obnovitelných zdrojů. Většina z toho (13 % celkové spotřeby) pochází z tradiční biomasy (především dřeva). Vodní energie, poskytuje 3 % celkové spotřeby primární energie jedruhým největším obnovitelným zdrojem. Moderní technologie, využívající geotermální energie, větrná energie, sluneční energie a oceánská energie dohromady poskytuje asi 0,8 % z celkové výroby. [15]

3 Princip, funkce a kompresory k TČ

3.1 Dělení tepelných čerpadel

Tepelná čerpadla lze rozdělit z více hledisek. Dle druhu zdroje nízkopotencionální energie a teploty média, princip na kterém fungují, typu kompresoru a druhu chladiva.

Dle typu kompresu lze tepelná čerpadla rozdělit na absorpční nebo kompresorové. Z pohledu použitého typu kompresoru rozeznáváme tepelná čerpadla využívající pístové, spirálové, rotační a šroubové kompresory. Zdrojem nízkopotencionální energie může být vzduch, voda nebo hornina v kombinaci s kapalným nebo plyným médiem. Chladiva tepelných čerpadel rozeznáváme jednosložkové nebo vícesložkové směsi.

3.2 Princip absorpčního a kompresorového TČ

Princip absorpčního TČ

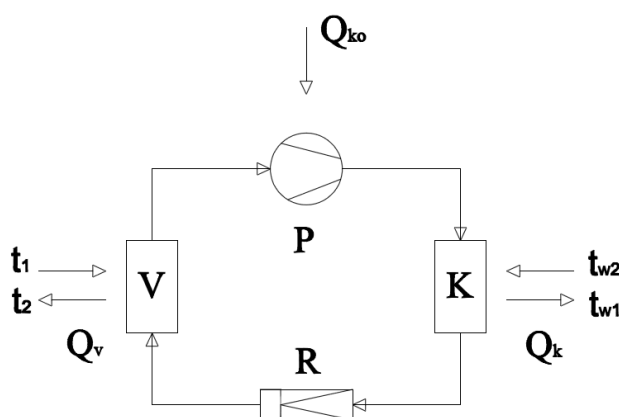
Absorpční oběh tvoří chladivo a absorpční látka. Ve výparníku se přeměňuje chladivo na páru, která je absorbována v absorberu do kapalné absorpční látky (absorbentu). Během tohoto děje dochází k uvolnění absorpčního tepla, které je odvedeno z absorberu. Vzniklou směs přepraví čerpadlo do oběhu s vyšším pracovním tlakem, kde se následně zvýší teplota směsi. V dosorbéru jsou pomocí tepla páry

chladiwa vypuzeny z absorpční kapaliny. Tato pára je vedena do kondenzátoru, ve kterém při kontaktu s výparníkem kondenzuje. Zde dochází vlivem sníženého tlaku k varu chladiva při nízké teplotě a z ochlazované látky je odebíráno teplo. Páry chladiva uzavírají svůj cyklus absorpcí v absorbéru. V oddělené větvi se absorpční kapalina z desorbéru vrací přes škrtkící ventil zpět do absorbéru. Tato absorpční kapalina je ochuzena o vypuzené chladivo. [5]

Princip kompresorové TČ [6]

Kompresorové tepelné čerpadlo je nejčastěji používanou variantou tepelných čerpadel. Toto čerpadlo pracuje na principu zapojení kompresoru do okruhu. Okruh TČ je rozdělen na tři okruhy. Primární okruh, tento okruh odebírá nízkopotenciální energii ze zdroje. Následně dochází k předání tepelné energie na okruh s kolujícím chladivem. Kolující chladivo předává tepelnou energii sekundárnímu okruhu. Sekundárním okruhem je tvořen samotným otopným systémem vytápěného objektu.

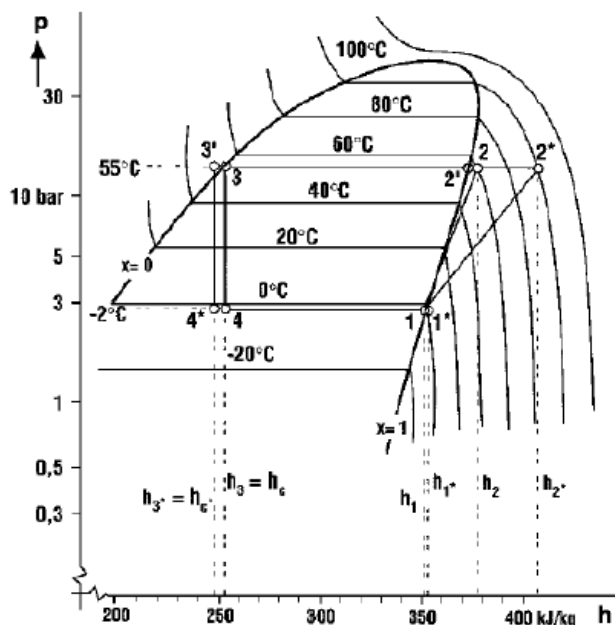
V primárním okruhu obíhá chladivo, které za nízké teploty a tlaku odebírá teplo Q_v z nízkopotenciálního zdroje (např. vody). Po odebrání nízkopotenciálního tepla se chladivo ve výparníku odpařuje. Odpařené chladivo se následně pomocí kompresoru stlačí na kondenzační tlak. Při tomto stlačování spotřebuje kompresor energii Q_{ko} . Při zvyšování tlaku roste teplota chladiva. Stlačené chladivo se zvýšeným tlakem a teplotou přechází do kondenzátoru, kde následně předává teplo Q_k topné vodě. Po předání tepelné energie otopnému systému chladivo kondenzuje. Tento okruh s obíhajícím chladivem je uzavírán redukčním ventilem, který slouží k redukci tlaku na původní hodnotu. Princip tepelného čerpadla je znázorněn na obrázku č. 1.



Obrázek č. 1 Schéma zapojení TČ

K-kondenzátor, P- kompresor, V-výparník, R-redukční ventil,

Pro zjištění efektivity přečerpávané energie TČ v daných podmínkách slouží diagram tepelného oběhu chladiva. Tento diagram je znázorněn na obrázku č. 2.



Obrázek č. 2 Diagram tepelného cyklu

Na obrázku č. 3 můžeme vidět dva oběhy. První oběh 1-2-3-4, který znázorňuje Rankin-Clausiusův obrácený oběh, který je charakterizován izoentropickou kompresí pracovní látky a izoentalpickou expanzí v redukčním ventilu, tudíž mezi body 1-2 dochází k izoentropické kompresi par a dále mezi body 3-4 dochází k izoentalpické expanzi.

Obrácený Rankin-Clausiusův cyklus 1-2-3-4 představuje určitý stupeň přiblížení reálného oběhu k ideálnímu Carnotovu oběhu. Skutečný chod v TČ se blíží spíše k oběhu 1*-2*-3*-4*. Mezi body 1*-2* dochází k polyentropické kompresi a mezi body 3*-4* dochází k izoentalpické expanzi v redukčním ventilu.

Teplo Q_k je rovno součtu dodané energie do kompresoru Q_{ko} a odebraného tepla Q_v z nízkopotenciálního zdroje. Toto teplo je využito na ohřev otopné vody v kondenzátoru.

$$Q_k = Q_{ko} + Q_v \quad [\text{kW}] \quad (1)$$

pro hmotnostní průtok chladiva podle diagramu platí:

$$Q_k = \dot{m} \cdot (h_2^* - h_3^*) \quad [\text{kW}] \quad (2)$$

$$Q_{ko} = \dot{m} \cdot (h_2^* - h_1^*) \quad [\text{kW}] \quad (3)$$

$$Q_v = \dot{m} \cdot (h_1^* - h_4^*) \quad [\text{kW}] \quad (4)$$

kde:

h_i entalpie chladiva [$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$]

\dot{m} hmotnostní průtok chladiva [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$]

i index polohy v cyklu

3.3 Dělení kompresorů pro tepelná čerpadla

Kompresor je nedílnou součástí tepelného čerpadla. Kompresor je jedním z nejdražších komponentů, ze kterého je tepelné čerpadlo složeno. Pro zajištění jeho správné funkčnosti je kompresor uložen v hermeticky uzavřené nádobě, která ho chrání před vlivy okolního prostředí. Životnost kompresoru je odhadována na 20 let. Kompresory dělíme dle konstrukčního řešení.

Pístové kompresory

Kompresor funguje na principu pístového stlačování média. U kompresorů rozeznáváme tři typy provedení. Provedení ucpávkové, kdy jsou tepelné ztráty odváděny do okolí. Provedení polohermetických pístových kompresorů zajišťuje odvedení tepelné ztráty do média a díky tomu se zvyšuje entalpie média. Třetím typem jsou hermetické kompresory. Ty jsou uspořádány tak, že převádí do média i tepelné ztráty motoru. Hermetické kompresory se používají zvláště u menších zařízení. Pístové kompresory mají izoentopickou účinnost pohybující se v rozmezí od 0,65 do 0,75. [11]

Spirálové kompresory

Spirálový kompresor se skládá ze dvou excentrických spirál, přičemž jedna spirála je pevná a druhá spirála pohyblivá. Spirálové kompresory typu SCROLL pracují téměř se stoprocentní objemovou účinností, jelikož tento druh kompresoru nemá škodlivý prostor. S rostoucím rozdílem teplot dochází k poklesu topného faktoru. Při srovnání s pístovými kompresory je tento pokles výrazně nižší. Spirálové kompresory mají cca 2,5 krát větší životnost než kompresory pístové, dále mají menší vibrace a nižší hlučnost. [11]

Rotační kompresory

Rotační kompresory jsou jednostupňové vícekomorové kompresory. Ve statoru se excentricky otáčí rotor s podélnými skluznými štěrbinami. Ve štěrbinách se pohybují ocelové lamely, které jsou odstředivou silou vytlačovány ke stěně válce, čímž vznikají jednotlivé komory. Stlačování vzduchu probíhá v jednotlivých komorách.

Rotační kompresory ve srovnání se spirálovými kompresory mají nižší topný faktor. S těmito druhy kompresorů se můžeme setkat u klimatizačních zařízení a levnějších provedení TČ. [11]

Šroubové kompresory

Šroubové kompresory fungují na základě vytlačovacího principu. Jedná se o dvouhřídelové stroje s rotujícími písty. Díky vysoké ceně kompresoru se tento druh kompresorů využívá jen v průmyslu nebo ve speciálních aplikacích. [11]

3.4 Typy tepelných čerpadel dle zdroje nízkopotencionální energie a teplotního média

Tepelné čerpadlo je zařízení, které pomocí kompresoru a chladiva přečerpává nízkopotenciální energii obsaženou ve vzduchu, vodě nebo zemi a zvyšuje její teplotní úroveň na cca 55°C.

TČ země-voda (plošný kolektor)

Plošný kolektor získává nízkopotenciální energii ze zeminy. Tato energie je zde naakumulována pomocí slunečního záření a dešťových srážek. Plošné kolektory se ukládají do hloubky přibližně 180 cm pod upravený terén. Uvedené tepelné čerpadlo je vhodné pro objekty s dostatečně velkým pozemkem pro uložení plošného kolektoru.

TČ země-voda (hlubinný vrt)

Toto tepelné čerpadlo pracuje na obdobném principu jak plošný kolektor. Využívá však odběru zemské teploty z hlubinného vrtu. Vzhledem k větším hloubkám vrtu dosahujeme vyšších teplot. Na základě poznatků se se zvětšující hloubkou zvyšuje teplota horninového prostředí. Tento vzestup je přibližně o 1°C na 30 m hloubky. Pro vytápění rodinného domu se uvažuje s optimální hloubkou vrtu okolo 100 až 150 metrů. Užití hlubinného vrtu závisí na územních možnostech umístění objektu.

TČ voda-voda (hlubinný vrt)

Hlubinný vrt využívá tepelné energie spodních vod, které mají celoroční teplotu 9 až 12°C. Nutností je zbudování studny, která má přítok vody cca 0,4 l/sec. Tato studniční voda musí splňovat nároky na chemické složení vody. Pro realizaci této varianty tepelného čerpadla musí být zhotoveny dva vrty, přičemž jeden vrt slouží jako zdroj nízkopotenciálního tepla a druhý vrt slouží jako vsakovací studna. Tento typ tepelného čerpadla je nejefektivnější, jelikož teplota spodní vody je docela vysoká a konstantní po celý rok. Výhodou je průtok spodní vody přímo výparníkem, a tím se sníží tepelné ztráty.

TČ voda-voda(plošný kolektor)

Uvedené TČ je vhodné pro objekty, které se nachází v blízkosti vodní plochy nebo vodního toku. Na dno vodní plochy nebo vodního toku se uloží kolektory naplněné nemrznoucím médiem, které odebírají nízkopotenciální teplo z vody.

TČ vzduch-vzduch

TČ využívá teplo, které je obsažené v okolním vzduchu popřípadě teplo z odpadního vzduchu. Čerpadlo je vhodné do lokalit s vyššími průměrnými teplotami vzduchu v období topné sezóny. Dále se dá využívat v průmyslu, kde zužitkovává odpadní teplo.

3.5 Typy tepelných čerpadel dle použitého chladiva

„Chladiva používaná pro tepelná čerpadla jsou rozdělena dle ISO 817 do dvou skupin.

A to na jednosložková chladiva a směsi.

Jednosložková chladiva:

- *Nepřípustná* – CCl₃F (R11), CCl₂F₂ (R12) a další*
- *Výběhová** – CHClF₂ (R22), C₂H₂ClF₂ (R142b)*
- *Alternativní halogenové uhlovodíky - C₂H₂F₄ (R134a), C₂H₂F₂ (R152a)*
- *Organická chladiva – propan (R290), izobutan (R600)*
- *Anorganická – čpavek (R717), voda (R718), CO₂ (R744)*

Směsi chladiv:

- R404A, složení R125/R134a/R143a (44/4/55 hmot. %)
- R407A, složení R32/R125/R134a (20/40/40 hmot%)
- R407C, složení R32/R125/R134A (23/25/52 hmot. %)

Na základě Montrealského protokolu o ochraně ozónové vrstvy v roce 1987 se evropské státy dohodly, že chladiva označené (*) je zakázáno vyrábět a uvádět na trh. Chladiva označená (**) je zakázáno vyrábět a uvádět na trh po 1. 1. 2010 podle nařízení EU. Některé státy včetně České Republiky se dohodla o zkrácení této lhůty a zákaz prodeje TČ s R22 od 1. 1. 2004.

Požadavky na chladiva (při nízkých teplotách):

- Nízký kompresní poměr
- Co nejmenší přehřátí par na výtlaku
- Vysoká objemová chladivost
- Nízký kondenzační tlak“ cit. [7]

4 Topný faktor

Určuje parametr tepelného čerpadla. Vyjadřuje poměr dodaného tepla Q_k pro vytápění k množství spotřebované energie kompresorem Q_{ko} . A také uvádí míru efektivnosti při přečerpávání energie.

$$\varepsilon = \frac{Q_k}{Q_{ko}} = \frac{h_2^* - h_3^*}{h_2^* - h_1^*} \quad [-] \quad (5)$$

Rozmezí topného faktoru u TČ se pohybuje rozmezí od 2 do 5. Závisí na vstupní a výstupní teplotě, typu kompresoru atd. U výpočtu topného faktoru je zapotřebí započít spotřebu oběhových čerpadel, která je nutná pro provoz tepelného čerpadla.

Pro dosažení maximální hodnoty topného faktoru a minimální spotřeby tepelného čerpadla je nutno zajistit:

- Co nejvyšší teplotu nízkopotenciálního zdroje tepla, která však není vyšší než maximální povolená teplota udávaná výrobcem pro daný typ tepelného čerpadla.

- Co nejnižší rozdíl teplot na vstupu a výstupu, maximální pracovní teplota tepelného čerpadla je na výstupu cca 55°C. Je tedy výhodné používat nízkoteplotní otopný systém jako je například podlahové vytápění. Menší rozdíl hladin teplot znamená menší množství energie dodané tepelnému čerpadlu pro překonání tohoto rozdílu.

Během roku topný faktor kolísá v závislosti na vstupní a výstupní teplotě tepelného čerpadla. Pro vyhodnocení provozu je třeba znát průměrný roční faktor, což je poměr celoroční spotřeby energie a celoroční výroby tepla. Tepelné čerpadlo většinou dodává až třikrát více tepla než energie, kterou spotřebuje. [6]

5 Tepelné ztráty

5.1 Stanovení tepelné ztráty domu

Tepelná ztráta je hodnota tepelné energie, která uniká prostupem tepla a větráním. Výpočet tepelných ztrát domu byl uskutečněn pomocí normy ČSN 06 0210. K výpočtu byl zvolen referenční rodinný dům. Výpočet je zpracován pro jednu místnost a to ložnici 1.06. Výpočet zbývajících místností je proveden v příloze 1.

Popis objektu

Jedná se o jednopodlažní nepodsklepený rodinný dům. Objekt je krytý plochou střechou. Půdorys je obdélníkový o rozměrech 14,55 x 10,15 metrů. Objekt se nachází v obci Rychvald. Půdorys RD je znázorněn na výkrese V-01. Pro uvedenou lokalitu se uvažuje výpočtová venkovní teplota -15°C. Rodinný dům je určen pro čtyři osoby.

Tepelná ztráta prostupem tepla

Tepelnou ztrátu prostupem tepla Q_p určíme ze vztahu:

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad [W] \quad (6)$$

kde:

Q_o je základní tepelná ztráta prostupem tepla [W]

p_1 přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí [-]

p_2 přírážka na urychlení zátoku [-]

p_3 přírážka na světovou stanou [-]

Základní tepelná ztráta Q_o je dána součtem tepelných toků prostupem tepla v ustáleném tepelném stavu jednotlivými konstrukcemi ohraničující vytápěnou místnost od venkovního prostředí.

$$Q_o = k_1 \cdot S_1 \cdot (t_i - t_{e1}) + k_2 \cdot S_2 \cdot (t_i - t_{e2}) + \dots + k_n \cdot S_n \cdot (t_i - t_{en}) [W] \quad (7)$$

kde:

S_1, S_2, \dots, S_n je plocha ochlazované části konstrukce [m^2]

k_1, k_2, \dots, k_n součinitel prostupu tepla [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

t_i interiérová výpočtová teplota [$^{\circ}C$]

$t_{e1}, t_{e2}, \dots, t_{en}$ exteriérová výpočtová teplota [$^{\circ}C$]

Přírážka na vyrovnání vlivu chladných stěn p_1 umožňuje zvýšení teploty vnitřního vzduchu tak, aby i při nižší povrchové teplotě ochlazovaných stěn bylo ve vytápěné místnosti dosaženo požadované vnitřní teploty.

$$p_1 = 0,15 \cdot k_0 \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (8)$$

kde:

Průměrný součinitel prostupu tepla k_0 všech stěn dané místnosti stanovíme ze vztahu:

$$k_0 = \frac{Q_o}{\sum A \cdot (t_i - t_e)} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (9)$$

kde:

$\sum A$ celková plocha stěn ohraničujících místnost [m^2]

t_i interiérová výpočtová teplota [$^{\circ}C$]

t_e exteriérová výpočtová teplota [$^{\circ}C$]

Přirážku na urychlení zátoku p_2 se počítá v případech, kdy při nejnižších venkovních teplotách nelze zajistit nepřerušovaný provoz vytápění. V našem případě se s urychlením zátoku nepočítá.

O velikosti přirážky na světovou stranu p_3 rozhoduje orientace plochy s nejvíce ochlazovanou konstrukcí vůči světovým stranám. Když nastane, že místnost má dvě ochlazované konstrukce, tak rozhoduje plocha, jejich společného rohu. V případě, že místnost ochlazují tři nebo čtyři konstrukce, tak volíme přirážku nejvyšší. Hodnoty přirážek jsou v tabulce č. 2.

Světová strana	J	JZ	Z	SZ	S	SV	V	JV
Přirážka p_3	0,05	0	0	0,05	0,1	0,05	0,05	0

Tabulka č. 2 Hodnoty přirážek p_3

Jednotlivé součinitele prostupu tepla jsou stanoveny dle konstrukce a vypsány v tabulce č. 3.

Konstrukce	Označení	Součinitel prostupu tepla k [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]
Obvodová stěna	so	0,13
Stěna vnitřní	sn	3,31
Podlaha přiléhající k zemině	pdl	0,25
Ochlazovaný strop	str	0,19
Okna	oz	1,2
Dveře venkovní	do	1,2
Dveře vnitřní	dn	3

Tabulka č. 3 Jednotliví součinitelé prostupu tepla

Skladby konstrukcí:

Obvodová stěna:

- Vápenocementová omítka 20 mm
- Kontaktní zateplovací systém (EPS) 140 mm
- Keramické tvarovky POROTHERM 300 mm
- Vápenocementová omítka 20 mm

Podlahové souvrství nad terénem:

- Keramická dlažba 20 mm
- Podkladní beton 55 mm
- Tepelná izolace EPS 110 mm
- Hydroizolace
- Podkladní betonová vrstva 150 mm

Strop:

- Asfaltový pás 5 mm
- Tepelná izolace EPS 160 mm
- Betonová vrstva 20-120 mm
- Keramobetonový strop POROTHERM 250 mm
- Vápenocementová omítka 20 mm

Tepelná ztráta prostupem tepla stěnami

Základní výpočet tepelné ztráty dle vzorce (7):

$$Q_o = k_{so} \cdot S_{so} \cdot (t_i - t_{e1})$$

$$Q_o = 0,13 \cdot 16,743 \cdot 35$$

$$Q_o = 76,18W$$

Teplotu exteriéru -15°C volíme dle lokality z tabulky 1 ČSN 06 0210.

$$S = S_s - S_o = l \cdot h_p - l_o \cdot h_o = 7,975 \cdot 2,550 - 2,875 \cdot 1,250 = 16,743m^2$$

Kde:

S_s plocha ochlazované stěny [m^2]

S_o plocha otvoru [m^2]

l vnitřní délka stěny [m]

h_p konstrukční výška patra [m]

l_o délka otvoru [m]

h_o výška otvoru [m]

Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla dle vzorce (6):

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 76,18 \cdot (1 + 0,15 \cdot 0,13 + 0 + 0) = 77,67W$$

Celková tepelná ztráta prostupem tepla přes obvodové stěny:

$$Q_p = 318,12W$$

Tepelná ztráta prostupem tepla přes strop

Základní výpočet tepelné ztráty dle vzorce (7):

$$Q_o = k_{str} \cdot S_{str} \cdot (t_i - t_{e1}) = 0,19 \cdot 15,89 \cdot (20 - (-15)) = 3,02 \cdot 35 = 105,67W$$

Výpočet plochy stropu dle vzorce (6):

$$S_{str} = a \cdot b = 3,875 \cdot 4,100 = 15,89m^2$$

A délka stropu [m]

B šířka stropu [m]

Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla přes strop.

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 105,67 \cdot (1 + 0,15 \cdot 0,19 + 0 + 0) = 108,68W$$

Tepelná ztráta prostupem tepla přes strop pro všechny pokoje:

$$Q_p = 630,66W$$

Tepelná ztráta prostupem tepla přes podlahu

Základní výpočet tepelné ztráty dle vzorce (7):

$$Q_o = k_{pdl} \cdot S_{pdl} \cdot (t_i - t_{e1}) = 0,25 \cdot 15,89 \cdot (20 - (-5)) = 3,97 \cdot 25 = 99,31W$$

Teplotu exteriéru při styku s terénem je dána $-5^{\circ}C$ dle 1 ČSN 06 0210.

$$S_{pdl} = a \cdot b = 3,875 \cdot 4,100 = 15,89m^2$$

Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla přes podlahu dle vzorce (6):

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 99,31 \cdot (1 + 0,15 \cdot 0,25 + 0 + 0) = 105,52W$$

Tepelná ztráta prostupem tepla přes podlahu pro všechny pokoje:

$$Q_p = 382,5W$$

Tepelná ztráta prostupem tepla přes okna a dveře

Základní výpočet tepelné ztráty dle vzorce (7):

$$Q_o = k_{oz} \cdot S_{oz} \cdot (t_i - t_{e1}) = 1,2 \cdot 3,59 \cdot (20 - (-15)) = 4,31 \cdot 35 = 150,78$$

$$S_o = l_o \cdot h_o = 2,875 \cdot 1,250 = 3,59m^2$$

Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla přes okna a dveře pro všechny místnosti dle vzorce (6):

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 150,78 \cdot (1 + 0,15 \cdot 1,2 + 0 + 0) = 177,92W$$

Tepelná ztráta prostupem tepla přes okna a dveře pro všechny pokoje:

$$Q_p = 1592,64W$$

Celková tepelná ztráta prostupem tepla

Celková ztráta prostupem tepla se určí součtem tepelných ztrát prostupem tepla přes stěny, strop, podlahu, okna a dveře.

$$Q_c = Q_s + Q_{st} + Q_p + Q_{od} = 77,67 + 108,68 + 105,52 + 177,92 = 469,79W$$

Celková tepelná ztráta prostupem tepla pro všechny pokoje:

$$Q_c = Q_{sc} + Q_{stc} + Q_{pc} + Q_{odc} = 414,7 + 727,45 + 479,29 + 1689,43$$

$$Q_c = 3310,87W$$

Tepelná ztráta větráním

Tepelnou ztrátu větráním vypočteme pomocí vztahu (10):

$$Q_{vet} = 1300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_e) \quad [W] \quad (10)$$

Kde:

V_v objemový tok větracího vzduchu [$m^3 \cdot s^{-1}$]

t_i vnitřní výpočtová teplota [$^{\circ}C$]

t_e vnější výpočtová teplota [$^{\circ}C$]

Po dosazení do vzorce (10)

$$Q_{vet} = 1300 \cdot V_v \cdot (20 - (-15))$$

$$Q_{vet} = 1300 \cdot 0,0055 \cdot 35$$

$$Q_{vet} = 250,25W$$

$$V_m = a \cdot b \cdot c \quad [m^3] \quad (11)$$

po dosazení:

$$V_m = 39,7m^3$$

U přirozeného větrání infiltrací se objemový tok větracího vzduchu stanoví ze vztahu:

$$V_i = \sum(i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M \quad [m^3 \cdot s^{-1}] \quad (12)$$

Kde:

i_{LV} součinitel spárové průvzdušnosti [$m^{-2} \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-n}$]

L	délka spár otvíravých částí oken a venkovních dveří [m]
B	charakteristické číslo budovy [Pa^{-n}]
M	charakteristické číslo místnosti [-]

Po dosazení:

$$V_i = 0,00014 \cdot 3,68 \cdot 8 \cdot 0,7 = 2,88 \cdot 10^{-3} \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Hodnotu spárové průvzdušnosti oken a venkovních dveří nalezneme v normě ČSN 73 0540-3. Celková délka spár je uvažována jako součet spár mezi jednotlivými křídly a rámy a to včetně sloupků v okenních rámech.

Charakteristické číslo budovy a charakteristické číslo místností určíme podle normy ČSN 02 0610. Pro zadaný rodinný dům je charakteristické číslo budovy $B=8$. Charakteristické číslo místnosti volíme $M=0,7$, průvzdušnost vnitřních dveří je zde uvažována větší než průvzdušnost oken.

Pozice okna a dveří	Délka spáry
O/01	3,68
O/02	3,18
O/02	3,18
O/03	3,02
O/03	4,07
O/04	2,33
O/05	9,36
D/01	6,8

Tabulka č. 4 délka spáry infiltrace

Kontrola intenzity výměny vzduchu infiltrací n je dána vzorcem (13):

$$n = \frac{3600 \cdot \sum (i_{lv} \cdot L) \cdot B \cdot M}{V_m} \quad [\text{h}^{-1}] \quad (13)$$

$$n = \frac{3600 \cdot 0,00014 \cdot 3,68 \cdot 8 \cdot 0,7}{39,7} = 0,262 \text{h}^{-1}$$

Intenzita výměny vzduchu je z hygienického hlediska malá, bude zapotřebí větrat v místnostech tak, aby intenzita výměny vzduchu n byla nejméně $n=0,5 \text{h}^{-1}$.

Poté se objemový tok větracího vzduchu stanoví ze vztahu:

$$V_{oH} = \frac{n \cdot V_m}{3600} \quad [m^3 \cdot s^{-1}] \quad (14)$$

$$V_{oH} = \frac{0,5 \cdot 39,7}{3600}$$

$$V_{oH} = 5,5 \cdot 10^{-3} m^3 \cdot s^{-1}$$

Do vztahu (10) pro výpočet tepelné ztráty větráním pak za V_v dosadíme objemový tok, který je větší a vyhovuje hygienické normě. V daném případě dosadíme V_{oH} , neboť $V_{oH} > V_i$.

Tepelná ztráta větráním pro všechny pokoje (10):

$$Q_{vet} = 1471,23W$$

Celková tepelná ztráta

Celkovou tepelnou ztrátu Q_c pro celý rodinný dům, vypočteme součtem tepelných ztrát prostupem tepla Q_p a tepelných ztrát větráním Q_{vet} .

$$Q_c = Q_p + Q_{vet} \quad [W] \quad (15)$$

$$Q_c = 3310,87 + 1471,23$$

$$Q_c = 4782,1W$$

6 Potřeba tepla pro vytápění a přípravu TUV

6.1 Potřeba tepla na vytápění rodinného domu

Roční potřebou tepla na vytápění objektu, se rozumí celková potřeba tepla za otopné období. Teplo, které je zapotřebí dodat do objektu, aby bylo zajištěno předepsané vnitřní klima. Určuje se výpočtem, přičemž se vychází z tepelné ztráty objektu stanovené pro nepřerušované vytápění dle normy ČSN 06 0210 a zohledňují se klimatické podmínky objektu, provoz vytápění objektu, druh otopného systému a vybavení regulací.

Roční potřeba tepla na vytápění objektu je daná stavební konstrukcí budovy, tepelnou ztrátou a klimatickými podmínkami:

$$Q_{VYT,r} = 24 \cdot Q_c \cdot f_1 \cdot 3,6 \cdot \frac{d \cdot (t_{is} - t_{es})}{t_{is} - t_e} \quad [\text{MWh}]$$

(16)

Kde:

Q_c celková tepelná ztráta [kW]

f_1 koeficient vyjadřující vliv nesoučasnosti výpočetních hodnot uvažovaných při výpočtu Q_c [-]

d počet otopných dnů [dny]

t_{is} průměrná vnitřní teplota [°C]

t_{es} průměrná venkovní teplota [°C]

t_e výpočtová venkovní teplota [°C]

Po dosazení:

$$Q_{VYT,r} = 24 \cdot 4,395 \cdot 0,75 \cdot 3,6 \cdot \frac{239 \cdot (19,25 - 3,9)}{19 + 15}$$

$$Q_{VYT,r} = 9,5 \text{ MWh}$$

6.2. Potřeba tepla pro přípravu TUV pro rodinný dům

Denní potřebou tepla pro přípravu TUV, rozumíme potřebu tepelné energie pro ohřátí potřebného množství vody na stanovenou teplotu. Ve výpočtech jsou zahrnuty i ztráty systému pro přípravu TUV.

Denní potřebu tepla na přípravu TUV zjistíme dle vzorce:

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{4p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (17)$$

Kde:

z koeficient energetických ztrát systému pro přípravu teple vody, u novostavby se uvažuje se $z = \max. 0,5$ [-]

ρ měrná hmotnost vody [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

C měrná tepelná kapacita vody [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

V_{4p} celková potřeba teple vody za den pro 4 osoby ($0,328 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$)

t_1 teplota studené vody [$^{\circ}\text{C}$]

t_2 teplota teplé vody [$^{\circ}\text{C}$]

Po dosazení do vzorce:

$$Q_{\text{TUV,d}} = (1 + 0,5) \cdot \frac{1000 \cdot 4,186 \cdot 0,328 \cdot (60 - 10)}{3600}$$

$$Q_{\text{TUV,d}} = 28,6 \text{ kWh}$$

Roční potřeba tepla pro přípravu TUV vychází z denní potřeby tepla pro přípravu TUV. Ve výpočtu jsou zohledněny rozdílné teploty ohřívání vody během roku.

Roční spotřeba tepla pro přípravu TUV:

$$Q_{\text{TUV,r}} = Q_{\text{TUV,d}} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{\text{TUV,d}} \cdot \frac{t_2 - t_{\text{svl}}}{t_2 - t_{\text{svz}}} \cdot (N - d) \quad [\text{kWh}] \quad (18)$$

Kde:

D počet dní topného období [dny]

t_{svl} teplota studené vody v létě [$^{\circ}\text{C}$]

t_{svz} teplota studené vody v zimě [$^{\circ}\text{C}$]

N počet pracovních dní soustavy v roce [dny]

t_2 teplota ohřáté vody [$^{\circ}\text{C}$]

Po dosazení

$$Q_{\text{TUV,r}} = 28,6 \cdot 239 + 0,8 \cdot 28,6 \cdot \frac{60 - 15}{60 - 5} \cdot (365 - 239)$$

$$Q_{\text{TUV,r}} = 9,2 \text{ MWh}$$

6.3 Celková roční potřeba tepla pro vytápění a přípravu TUV v RD

Celkovou roční potřebu tepla zjistíme po sečtení celkové potřeby tepla na vytápění a roční potřebou TUV.

$$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} \quad [\text{MWh} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad (19)$$

$$Q_r = 9,5 + 9,2$$

$$Q_r = 18,7 \text{ MWh/rok}$$

7 Návrh a volba tepelného čerpadla

7.1 Návrh tepelného čerpadla

Stanovení topného výkonu TČ

Topný výkon čerpadla je určen tepelnou ztrátou rodinného domu a tepelnou energií potřebnou pro přípravu TUV. Výkon pro pokrytí tepelné ztráty a přípravu TUV je potřebné navýšit tak, aby TČ dodávalo energii v nízkém tarifu trvajícím 22 hodin denně.

$$Q_N = \frac{24 \cdot Q_c}{22} + \frac{Q_{TUV,d}}{22} \quad [\text{kW}] \quad (20)$$

Po dosazení

$$Q_N = \frac{24 \cdot 4,395}{22} + \frac{28,6}{22}$$

$$Q_N = 6,2 \text{ kW}$$

Stanovení provozního způsobu vytápění

Pro rodinný dům volíme monoenergetický způsob provozu. TČ bude pokrývat veškerou potřebu tepla pro vytápění a přípravu TUV. V extrémních mrazech, kdy teplota klesne pod -15°C bude k TČ připojen elektrokotel.

Návrh otopného systému

Pro rodinný dům je nutno spočítat, zda bude vyhovovat otopný systém s tepelným spádem $60^\circ\text{C}/50^\circ\text{C}$. Pro tento tepelný výpočet je použit výpočtový software od firmy

Korado, která bude dodávat radiátory do rodinného domu. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č.5. Provýpočet bylo užito softwarové aplikace dostupné na www.korado.cz/

Číslo a název místnosti	Počet topných těles	Q_c	Q_r při 60/50	$Q_r - Q_c$
Ložnice	1	720	764	44
Dětský pokoj	1	388,98	424	35,02
Dětský pokoj	1	388,98	424	35,02
Koupelna	1	263,98	340	76,02
Technická místnost	1	297,7	340	42,3
Předsín	1	397,05	424	26,95
Toaleta	0	32,65	-	-
Kuchyň a obývací pokoj	1	2292,15	2547	254,385
celkem	7	4781,49	5263	513,7

Tabulka č. 5 Tepelný spád

Otopný systém, se spádem 60°C/50°C vyhovuje a je schopen vytopit rodinný dům.

Určení nízkopotenciálního tepla

Rodinný dům se nachází na pozemku o výměře 1292m² a přiléhá k němu dále zahrada o výměře 1330 m². Situace pozemku je znázorněna na obrázku č. 4. Pokud budeme uvažovat možný energetický zisk 30W/m², tak pro pozemek náležící k rodinnému domu je teoreticky možný energetický zisk 78,7kW. Díky této skutečnosti je možno uvažovat s užitím tepelného čerpadla s horizontálními plošnými kolektory.



Obrázek č. 3 Situace pozemku

7.2 Volba tepelného čerpadla

V České republice se prodejem TČ zabývá celá řada firem. Při průzkumu dodavatelů TČ byla zvolena firma IVT. Od této firmy bude použito tepelného čerpadla typ Greenline LC E7/C7.

Čerpadlo Greenline LC E7/C7 je navrženo pro vytápění rodinného domu. Tento typ TČ je vybaven japonským kompresorem Mitsubishi Electruc. Kompresor od uvedené firmy má výrazně nižší spotřebu elektrické energie a je také tišší než srovnatelné produkty od konkurenčních firem. Výhodou tohoto typu čerpadla je vyšší hodnota topného faktoru.

TČ Greenline LC E7/C7 ohřívá topnou vodu bez pomoci elektro kotle až na 65°C. U tohoto typu TČ je řešen ohřev TUV v samostatném zásobníku teplé vody. Ohřev TUV v samostatném zásobníku je výhodou, když máme zvýšený požadavek na množství teplé vody. Uvedený typ TČ má v sobě zabudovanou regulaci, která přizpůsobuje svůj chod venkovnímu klimatu. Díky této regulaci je TČ plně automatické. Technické údaje jsou uvedeny v tabulce č. 6. Podrobná technická specifikace je uvedena v příloze 2 Schéma zapojení tepelného čerpadla je znázorněno na výkresu V-02.

Typ TČ	IVT Greenline E7/C7
Rozsah použití zdroje tepla	-5 °C až 20 °C
Maximální teplota topné vody	65 °C
Výška x šířka x hloubka	600 x 600 x 1520 mm
Chladivo	R 407 C
Výkonová data	
Teplota zdroje tepla	0 °C
Teplota topné vody	50 °C
Topný výkon	6,9 kW
Elektrický příkon	2,1 kW
Výkonové číslo	3,3
Cena TČ bez zásobníkem bez DPH	155 000 Kč

Tabulka č. 6 Technické parametry TČ [8]

Volba akumulční nádrže a nádrže pro přípravu TUV

Součástí návrhu potřeba určit akumulční nádrž, která bude obstarávat kontinuálně zásobu teplé vody.

S ohledem na prostor technické místnosti bude použita kombinovaná akumulční nádrž. Vybraná nádrž bude dodána od stejné firmy jak TČ, a to akumulční nádrž Combitank IVT 300 FR, která obsahuje zásobník teplé vody, akumulční zásobník topné vody, oběhové čerpadlo, pojistný ventil a expanzní nádobu topného systému. Technické údaje kombinované akumulční nádrže jsou uvedeny v tabulce č.7. Podrobná technická specifikace je uvedena v příloze č.3.

kapacita TUV	286
Celková kapacita	361
kapacita akumulátoru	120
rozměry	694 x 774 x 1970
Cena bez DPH	75000kč

Tabulka č. 7 Technické parametry zásobníku TUV [8]

V době vysokého tarifu za elektrickou energii bude TČ odstaveno. Tato odstávka bude probíhat 2 hodiny denně, jelikož tento rodinný dům spadá to dvoutarifové sazby pro vytápění s TČ s dobou nízkého tarifu 22 hodin/den.

Potřebná plocha pro horizontální plošný kolektor

Pro určení plochy je nejprve nutno určit chladicí výkon ze vztahu (21):

$$Q_{ch} = Q_K - Q_{KO} \quad [kW] \quad (21)$$

Kde:

Q_{ch} chladicí výkon [W]

Q_K topný výkon [W]

Q_{KO} elektrický příkon [W]

Po dosazení:

$$Q_{ch} = 6,9 - 2,1$$

$$Q_{ch} = 4,8kW$$

Pro výpočet plochy kolektoru vycházíme ze vztahu (22)

$$S = \frac{Q_{ch}}{q_z} \quad [m^2] \quad (22)$$

Kde:

q_z je tepelný výkon získaný z m^2 zeminy [$W.m^{-2}$]

Tepelný výkon zeminy určíme z tabulky č.8. Podloží, kde se rodinný dům nachází, jsou zvodnělé šterky a písky.

Podloží	Možný odběr
Suchá nesoudržná hornina	10 W.m-2
Zvodnělé stěrky a písky	20-30 W.m-2
Protékající spodní voda stěrky a písky	10 W.m-2

Tabulka č. 8 Tepelný výkon zeminy[4]

Po dosazení do vzorce (22):

$$S = \frac{4800}{20}$$

$$S = 240\text{m}^2$$

Potřebná plocha pro uložení kolektoru je 240 m².

Umístění TČ a systému pro přípravu TUV v rodinném domě

Tepelné čerpadlo společně s kombinovanou akumulací bude umístěno v technické místnosti 1.04 rodinného domu znázorněno ve výkresu V-01 a v tabulce č. 9 je uveden popis místností.

ČÍSLO MÍSTNOSTI	NÁZEV MÍSTNOSTI
1.01	Zádveří
1.02	Obývací pokoj
1.03	Kuchyně
1.04	Technická místnost
1.05	Koupelna
1.06	Ložnice
1.07	Dětský pokoj
1.08	Dětský pokoj

Tabulka č. 9 Popis místností

7.3 Spotřeba elektrické energie TČ

Spotřeba elektrické energie pro vytápění

Výkonem tepelného čerpadla bude rodinný dům vytápěn s ohledem na návrhovou venkovní teplotu - 15°C. Ve výpočtu nebude uvažováno s příkonem elektrokotle, jelikož elektrokotel slouží jako záložní zdroj tepla, který bude využit pouze v případě poklesu teploty okolí pod - 15°C.

Výpočet spotřeby elektrické energie:

$$P_{1,VYT} = \frac{Q_{VYT,r}}{\varepsilon_t} \quad [\text{MWh}] \quad (23)$$

Kde:

ε_t průměrný topný faktor TČ v topné sezóně [-]

Po dosazení:

$$Q_{1,VYT} = \frac{9,5}{3}$$

$$Q_{1,VYT} = 3,17 \text{ MWh}$$

Spotřeba elektrické energie TČ pro přípravu TUV

Spotřeba elektrické energie TČ pro přípravu TUV bude určena ve dvou krocích. V prvním kroku je nutno vypočítat spotřebu elektrické energie mimo topnou sezónu. U druhého kroku určíme spotřebu elektrické energie v topné sezóně.

Výpočet spotřeby v letním období:

$$Q_{TUV,l} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{4p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} \cdot d_l \quad [\text{kWh}] \quad (24)$$

Kde:

d_l počet letních dnů [den]

Po dosazení:

$$Q_{TUV,l} = (1 + 0,5) \cdot \frac{1000 \cdot 4,186 \cdot 0,328 \cdot (60 - 15)}{3600} \cdot 126$$

$$Q_{TUV,l} = 3243,7 \text{ kWh}$$

Výpočet příkonu TČ pro přípravu TUV v letním období:

$$Q_{l,VYT,l} = \frac{Q_{VYT,l}}{\varepsilon_l} \quad [\text{MWh}] \quad (25)$$

Kde:

ε_l průměrný topný faktor TČ v letním období

Po dosazení:

$$Q_{l,VYT,l} = \frac{3243,7}{3,5}$$

$$Q_{l,VYT,l} = 0,927 \text{ MWh}$$

Výpočet spotřeby v zimním období:

$$Q_{TUV, TOP} = Q_{TUV,r} - Q_{TUV,l} \quad [\text{MWh}] \quad (26)$$

Po dosazení:

$$Q_{TUV, TOP} = 9,2 - 3,244$$

$$Q_{TUV, TOP} = 5,956 \text{ MWh}$$

Výpočet příkonu TČ pro přípravu TUV v zimním období:

$$P_{z,VYT,z} = \frac{Q_{TUV, TOP}}{\varepsilon_l} \quad [\text{MWh}] \quad (27)$$

Kde:

ε_l průměrný topný faktor TČ v zimním období [-]

Po dosazení:

$$P_{z,VYT,z} = \frac{5,956}{3}$$

$$P_{z,VYT,z} = 1,985 \text{ MWh}$$

Celková roční spotřeba elektrické energie pro vytápění rodinného domu a přípravu TUV

Celkovou roční spotřebu elektrické energie TČ pro vytápění rodinného domu získáme součtem příkonů.

$$P_c = P_{1,VYT} + P_{I,VYT,I} + P_{z,VYT,z} \quad [\text{MWh}] \quad (28)$$

Po dosazení:

$$P_c = 3,17 + 0,927 + 1,985$$

$$P_c = 6,082 \text{ MWh}$$

8. Odhad přínosu tepelného čerpadla z ekonomického a environmentálního hlediska

8.1 Odhad ekonomického přínosu tepelného čerpadla

Cena za elektrickou energii

Cena za elektrickou energii se skládá z měsíčního paušálu a ceny za odběr elektrické energie. Hodnota měsíčního paušálu se odvíjí od použitého typu jističe. Pro zvolený rodinný dům vycházíme s použitím jističe 3x25 A. Dvou tarifní sazba D56D pro vytápění TČ uvedeným do provozu 1.5.2005 a operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 22 hodin má měsíční sazbu u společnosti ČEZ a.s. 520,80 Kč·měsíc⁻¹ [4]

Cena elektrické energie ročního provozu TČ, včetně spotřeby domácnosti

Cena elektrické energie pro chod TČ:

Ceny čerpány z [4]

$$N_{tč} = P_1 \cdot N_{nizký} + 12 \cdot N_{jistice} \quad [\text{Kč}] \quad (29)$$

Kde:

$N_{nizký}$ cena 1 MWh v nízkém tarifu [Kč]

$N_{\text{jističe}}$ měsíční poplatek za jistič [Kč]

Po dosazení:

$$N_{\text{tč}} = 6,082 \cdot 2407,61 + 12 \cdot 508,80$$

$$N_{\text{tč}} = 20755,90 \text{ Kč}$$

Cena elektrické energie pro chod domácnosti

V domácnostech vybavených běžnými domácími spotřebiči, elektrickým sporákem a ohřívačem vody dosahuje roční spotřeba elektřiny až 5 000 kWh. [4]

$$N_{\text{dom,sp,D56D}} = P_{1,\text{dom,nízký}} \cdot N_{\text{nízký}} + P_{1,\text{dom,vysoký}} \cdot N_{\text{vysoký}} \quad [\text{Kč}] \quad (30)$$

Kde:

$P_{1,\text{dom}}$ spotřeba domácnosti v nízkém a vysokém tarifu [Kč]

$N_{\text{vysoký}}$ cena 1MWh ve vysokém tarifu [Kč]

Po dosazení:

$$N_{\text{dom,sp,D56D}} = 1,8 \cdot 2407,61 + 0,2 \cdot 2910,44$$

$$N_{\text{dom,sp,D56D}} = 4915,80 \text{ Kč}$$

Cena elektrické energie za spotřebu domácnosti před instalací TČ

Pro srovnání nákladů elektrické energie domácnosti s TČ a bez TČ je nutno stanovit náklady za elektrickou energii před instalací TČ. Pro referenční sazbu D02d s jističem 3x25A činí měsíční platba 175,20 Kč/ měsíc[4].

$$N_{\text{dom,sp,D02d}} = P_{1,\text{dom,spot}} \cdot N_{\text{D02d}} + 12 \cdot N_{\text{jističe}} \quad [\text{Kč}] \quad (31)$$

Kde:

N_{D02d} cena za 1MWh v tarifu D02d [Kč]

Po dosazení:

$$N_{\text{dom,sp,D02d}} = 2 \cdot 4830 + 12 \cdot 175,20$$

$$N_{\text{dom,sp,D02d}} = 11762,4\text{Kč}$$

Cena zemního plynu na vytápění a přípravu TUV

Roční spotřeba zemního plynu na vytápění a přípravu TUV s kotlem od firmy DAKON P 18 LUX HL je 2221m³/rok. Náklady na vytápění zemním plynem činí 39 438Kč. Náklady určené z celkové spotřeby tepla pro vytápění a přípravu TUV v RD se spotřebou 18,7MWh·rok⁻¹. [4]

Srovnání nákladů na roční provoz

Srovnání ročních nákladů je uvedeno v tabulce č. 10.

Druh topné jednotky	alternativa 1	alternativa 2
	Tepelné čerpadlo Greenline E7/C7	Kotel na zemní plyn DAKON P18 LUX HL
Náklady na vytápění a přípravu TUV	20755,9	39438
Náklady na spotřebu elektrické energie v domácnosti	4915,8	11762,4
Celkové náklady	25671,7	51200,4
Rozdíl alternativního typu vytápění	25528,7	

Tabulka č. 10 Srovnání nákladů

Pořizovací náklady na vytápění TČ a přípravu TUV

Cena pokládky plošného kolektoru za m² je v rozmezí od 150 Kč do 300 Kč. Pro výpočet je zvolena cena 230 Kč/m². Orientační cena realizace celého plošného kolektoru i s výkopovými pracemi by měla být cca 55 200 Kč.

Pořizovací náklady na zakoupení tepelného čerpadla, zásobník vody a plošných kolektorů s výkopovými pracemi činí: **258 200Kč**

Tepelné čerpadlo činí 155 000 Kč (příloha 2)

Zásobník vody činí 75 000 Kč (příloha 3)

Plošné kolektory a výkopové práce jsou uvažovány za 230 Kč/ m²=55 200Kč [8]

Pořizovací náklady na vytápění plynovým kotlem a přípravou TUV

Pořizovací náklady na zakoupení plynového kotle a zásobníku vody činí: **25 992 Kč**

Plynový kotel činí 14 584,30 Kč (příloha 4)

Zásobník vody činí 11 407,70 Kč (příloha 5) [9]

Finanční zhodnocení

Rozdíl pořizovacích nákladů činí cca 232 208 Kč.

$$\text{Návratnost} = \frac{\text{Pořizovací náklady na TČ}}{\text{Rozdíl alternativního typu vytápění}} \quad [\text{let}] \quad (32)$$

Po dosazení:

$$\text{Návratnost} = \frac{258200}{25528,7}$$

$$\text{Návratnost} = 10,12 \text{ let}$$

V dřívějších letech bylo možno získat na realizaci TČ dotaci v rámci programu Zelená úsporám. Přijímání žádostí o dotaci bylo ke dni 29. 10. 2010 pozastaveno. Během programu činila dotace 75 000 Kč.

8.2 Odhad z environmentálního přínosu tepelného čerpadla

Pro odhad environmentálního hlediska bude tepelné čerpadlo srovnáno s plynovým kotlem. V tabulce 11 lze vidět, že plynový kotel je k životnímu prostředí šetrnější. Důvodem těchto výsledků je to, že tepelné čerpadlo je poháněno elektrickým proudem ze sítě. Tento elektrický proud je vyráběn v elektárně, které spalují z 95% neobnovitelné zdroje energie (35% uranu a 60% fosilního paliva) a jen 5% pokrývají obnovitelné zdroje energie.

Tepelný výkon	Zdroj emisí	Jednotka	TZL	SO ₂	NO _x	CO	CO ₂
≤0,2MW	Elektrická energie	kg·rok ⁻¹	0,02591	0,489376	0,415698	0,0393	352
≤0,2MW	Plynový kotel		0,00060	0,000300	0,047200	0,0094	56

Tabulka č. 11 Hodnoty emisních faktorů [4]

Produkce emisí TČ

Hodnoty emisních faktorů byly určeny pomocí www.tzb-info.cz. Níže uvedený výpočet byl proveden pro oxid siřičitý, zbylé výpočty jsou uvedeny v příloze č. 6.

Výpočet emise oxidu siřičitého

$$E_{\text{so}_2} = \text{SO}_2 \cdot P_c \quad [\text{kg} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad (33)$$

$$E_{\text{so}_2} = 0,489376 \cdot 21,9$$

$$E_{\text{so}_2} = 10,7 \text{ kg} \cdot \text{rok}^{-1}$$

Produkce emisí plynového kotle

Výpočet emise oxidu siřičitého

$$E_{\text{so}_2} = \text{SO}_2 \cdot Q_{\text{vyt}+\text{TUV}} \quad [\text{kg} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad (34)$$

$$E_{\text{so}_2} = 0,0003 \cdot 65,2$$

$$E_{\text{so}_2} = 0,019 \text{ kg} \cdot \text{rok}^{-1}$$

Zdroj emisí	Jednotka	TZL	SO ₂	NO _x	CO	CO ₂
Elektrická energie	Kg·rok ⁻¹	0,570	10,710	9,10	0,860	7117,5
Plynový kotel		0,039	0,019	3,08	0,613	3651,2

Tabulka č. 12 Porovnání emisí TČ a kotle na zemní plyn

9 Závěr

Nacházení alternativních zdrojů energie je během posledních několika let na vzestupu. Trend koresponduje s ideou udržitelného rozvoje, který je společensky i legislativně propagován. V dnešní době, kdy je nutno hospodařit s energiemi s uvážením, se tak stávají tepelná čerpadla stále oblíbenějšími. Nezanedbatelnou stránkou volby nízkopotenciálního vytápění je i fakt, že náklady na provoz jsou nižší než u jiných zdrojů vytápění.

V úvodní části bakalářské práce je seznámeno se stávajícím stavem využívání nízkopotenciálního tepla. Práce charakterizuje zvolený druh tepelného čerpadla země voda. Zmíněny jsou i jiné druhy TČ, což slouží k doplnění uceleného obrazu o této problematice.

Pro zvolený rodinný dům jsou vypočteny tepelné ztráty a určena potřeba tepla na vytápění a ohřev TUV. Je zvoleno tepelné čerpadlo země/voda Greenline LC E7/C7 a zásobník teplé vody Combitank IVT 300 FR. S ohledem na místní geologické podmínky je stanovena plocha horizontálního kolektoru. Není opomenuto ani na nalezení bivalentního zdroje energie pro TČ.

K posouzení ekonomické i ekologické výhodnosti je využito srovnání s variantním zdrojem tepla - plynovým kotlem. Součástí ekonomického zhodnocení je určení investičních nákladů na realizaci a na provoz alternativ. Návratnost je stanovena na 10,2 roků. Po tomto období vykazuje TČ celkovou úsporu provozních nákladů. Z environmentálního hlediska docházíme k závěru, že tepelné čerpadlo je méně ekologické než plynový kotel. Tento fakt je výrazně ovlivněn „neekologičností“ výroby elektřiny pro provoz kotle. Rezervou v pohledu ekologie zůstává možnost snížení emisních dopadů při výrobě elektrické energie.

10 Seznam použité literatury

- [1] ČEZ a.s. [online]. 2012 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: <<http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/geotermalni-energie.html>>
- [2] Zdroje energie. [online]. 2012 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: <<http://zdrojeenergie.blogspot.com/2008/09/slunecni-energie.html>>
- [3] Vodní a tepelné elektrárny [online]. 2012 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: <<http://www.vodni-tepelne-elektrarny.cz/vodni-elektrarny-cr.htm>>
- [4] TZB- INFO. CZ [online]. 2012 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/>>
- [5] Energetický ústav [online]. 2012 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: <<http://oei.fme.vutbr.cz/>>
- [6] SRDEČNÝ, K.; TRUXA, J.. *Tepelná čerpadla*. Brno: ERA, 2005. 67 s. ISBN 80-7366-031-8
- [7] AB klimatizace [online]. 2012 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: <<http://www.abklimatizace.cz>>
- [8] ITV Tepelná čerpadla [online]. 2012 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: <<http://www.cerpadla-ivt.cz/>>
- [9] A koupelny a topeni [online]. 2012 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: <<http://www.akoupelnyatopeni.cz/>>
- [10] KAMINSKÝ, J., VRTEK M.. *Obnovitelné zdroje energie*. Ostrava: VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA 1998. 102s. ISBN 80–7078–445-8
- [11] DVOŘÁK, Z., KLAZAR, L., PETRÁK, J.. *Tepelná čerpadla*. Praha: Technické literatury, n. p. 1987. 339s. ISBN 04-232-87
- [12] ČSN 06 2010:1976 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění
- [13] ČSN 73 0540-3:2005 Tepelná ochrana budov-část 3.

[14] Zákon č. 180/2005 Sb o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů, ze dne 31. 3. 2005

[15] Dům plný úspor [online]. 2012 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z <<http://www.dumplnyuspor.cz/uspory-energii/obnovitelne-zdroje-energie.html>>

11 Seznam příloh

Příloha č.1 Výpočet tepelných ztrát RD

Příloha č. 2 Technické parametry TČ IVT GREENLINE LC E7/C7

Příloha č. 3 Technické parametry zásobníku vody IVT Combitank

Příloha č. 4 Kotel DAKON P 18 LUX HL

Příloha č. 5 Zásobník vody DAKON PZT 150 B

Příloha č. 6 Výpočet emisí

12 Seznam výkresů

V-01 Půdorys rodinného domu

V-02 Zapojení tepelného čerpadla

13 Seznam obrázků

Obrázek č. 1 Schéma tepelného čerpadla	8
Obrázek č. 2 Diagram tepelného cyklu	9
Obrázek č. 3 Situace pozemku	26

14. Seznam tabulek

Tabulka č. 1 Přehled nejvýznamnějších vodních elektráren v ČR	4
Tabulka č. 2 Hodnoty přírážek p3	16
Tabulka č. 3 Jednotliví součinitelé prostupu tepla	16
Tabulka č. 4 Délka spáry infiltrace	20
Tabulka č. 5 Tepelný spád	25
Tabulka č. 6 Technické parametry TČ	27
Tabulka č. 7 Technické parametry zásobníku TUV	28
Tabulka č. 8 Tepelný výkon zeminy	29
Tabulka č. 9 Popis místností	29
Tabulka č. 10 Srovnání nákladů	35
Tabulka č. 11 Hodnoty emisních faktorů	36
Tabulka č. 12 Porovnání emisí TČ a kotle na zemní plyn	37